

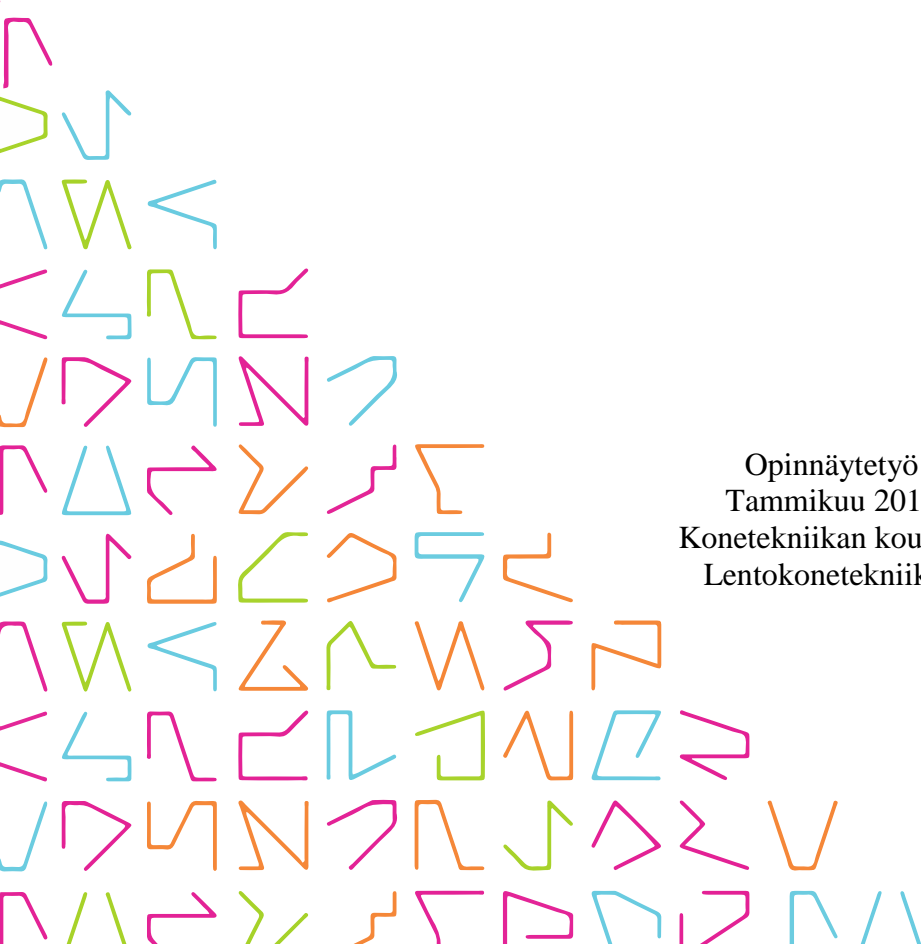


TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# LEARJET-KONEEN LTJ-LAITERAKENTEEN KEHITTÄMINEN

Juho Niemelä

Opinnäytetyö  
Tammikuu 2018  
Konetekniikan koulutus  
Lentokonetekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan koulutus  
Lentokonetekniikka

NIEMELÄ, JUHO:

Learjet-koneen LTJ-laiterakenteen kehittäminen

Opinnäytetyö 42 sivua, joista liitteitä 6 sivua  
Tammikuu 2018

---

Ilmavoimien Learjet-kalustolle päätettiin tehdä laajamittaiset modifikaatiot 12-vuotishuollon yhteydessä vastaamaan nykypäivän vaatimuksia lennettäessä Euroopan erittäin ruuhkaisessa ilmatilassa. Opinnäytetyön tarkoituksena on päivittää LTJ:ssä oleva laiterakenne, koska tehtävän modifikaation myötä lentokoneen laitteiden kokoonpanoon tulee muutoksia. Vaihtuvien laitteiden päivittämisen lisäksi laitteiden positiot päivitetään paremmin laitteen todellista sijaintia kuvaavaksi.

LTJ on Ilmavoimilla ja sen yhteistyökumppaneilla käytössä oleva tietojärjestelmä. LTJ:ssä oleva laiterakenne on osa Ilmavoimien laatuja järjestelmää, jonka päätarkoituksena on huoltotoiminnan laadunvarmistus, mutta sillä on myös vaikutusta lentoturvallisuuden parantumiseen. Ajantasaisen laiterakenteen avulla voidaan seurata lentokoneeseen asennettujen laitteiden huollon tarvetta sekä ylläpitää ajantasaista tietoa lentokoneen varustuksesta.

Koneeseen tehtävät modifikaatiot kävivät ilmi AeroDienstin luomasta huoltosuunnitelmasta, joka oli luotu Ilmavoimien vaatimusten mukaisesti. Poistuvista laitteista oli myös luotu selkeä lista, mutta lisättävistä laitteista tarkat tiedot laitteista saatiin vasta ensimmäisen koneen huollon aikana. Kaikkia lisättäviä laitteita ei laiterakenteeseen lisätty, vaan jokaiselle laitteelle tehtiin arviointi yksilövalvonnan tarpeellisuudesta. Positiomerkintä vanhassa laiterakenteessa on juoksevaan numerointiin perustuva. Uudessa positiomerkinnässä lähtökohtana on, että laitteen voi paikallistaa lentokoneessa ilman aiempaa tuntemusta laitteesta tai perehtymistä huoltokirjallisuuteen. Paikallistamiseen riittää käytettävissä oleva runkokaarikartta. Positioiden päivityksessä valtaosalle laitteista sijainti täytyi varmistaa käyttämällä apuna varaosakuvastoa sekä huolto-ohjekirjallisuutta, minkä vuoksi kaikista laitteista ei absoluuttisesti tarkkaa sijaintia ollut mahdollista varmistaa. Siispä tyydyttiin likimääräiseen sijaintiin, jonka tarkkuus on arviolta noin  $\pm 20$  tuumaa.

Puolustusvoimien pääesikunta on myöntänyt opinnäytetyölle tutkimusluvan asiakirjanumerolla AN17184, jossa on annettu ehdot ja vaatimukset julkaistavasta opinnäytetyöraportista. Opinnäytetyön tuloksena luotu uudistettu laiterakenne, raportin kappaleet 4.4 ja 5 sekä liitteet 3 ja 4 toimitetaan ainoastaan Ilmavoimille, koska ne ovat turvaluokitukseen ST IV (käyttö rajoitettu).

---

Asiasanat: modifikaatio, laiterakenne, positio

## ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical Engineering  
Aircraft Engineering

NIEMELÄ, JUHO:

Development of LTJ-equipment structure for Learjet-aircraft

Bachelor's thesis 42 pages, appendices 6 pages  
January 2018

---

The Finnish Air Force decided to make large-scale modifications to their Learjet fleet in conjunction with the 12-year maintenance service in order to meet today's demands for flying in Europe's highly congested airspace. The purpose of this thesis was to update the equipment structure in the LTJ, because of the modifications, there will be changes in the configuration of the aircraft equipment. In addition to this, the equipment positions in the systems were updated to reflect the actual location of the devices.

LTJ is an information system used by the Finnish Air Force and its partners. The equipment structure in the LTJ is part of FINAF's quality system, whose main purpose is quality control of maintenance operations, but it also has an impact on the improvement of aviation safety. An up-to-date equipment structure can be used to monitor the need for maintenance of equipment installed on aircraft and to maintain up-to-date information of aircraft equipment.

Modifications to be made to the fleet were listed in a maintenance plan created by Aero-Dienst in accordance with the requirements of FINAF. A list of removed equipment was also created, but the equipment to be added to the fleet was available when the first plane was in service. All installed devices weren't added to the equipment structure, because each device was evaluated for the need for individual monitoring. The position in the old equipment structure was based on the sequential numbering. With the new position marking a device in the plane can be located without prior knowledge of the device or familiarization to the maintenance manuals, only what is needed for the location is the frame chart using only the frame chart (as a reference). Most of the positions had to be defined using an illustrated part catalog and maintenance manuals, which meant that it was not possible to pinpoint the absolute position of each device was not possible to find out in which cases an approximate location was defined with an accuracy of  $\pm 20$  inches.

Finnish Defence Command granted a research permit for this thesis by document number AN17184, which provides the terms and conditions for the published thesis. The updated equipment structure created as result of the thesis work, report chapters 4.4 and 5 and appendixes 3 and 4 are only provided to the Finnish Defence Forces as it is classified as ST IV (restricted).

---

Key words: modification, equipment structure, position

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	ORGANISAATIOT .....	7
2.1.	Ilmavoimat .....	7
2.1.1	Satakunnan lennosto.....	8
2.1.2	Lentotekniikkalaivue.....	9
2.2.	Puolustusvoimien logistiikkalaitos .....	9
2.2.1	Järjestelmäkeskus ja Ilmajärjestelmäosasto .....	10
2.3.	Aero-Dienst.....	10
3	GATES LEARJET 35 A/S .....	11
3.1.	Yleistä .....	11
3.2.	Learjet 35A:n huolto-ohjelma.....	13
3.3.	Learjet 35 Ilmavoimissa.....	14
3.3.1	Ilmavoimien laatima huolto-ohjelma Learjet 35A:lle.....	15
3.3.2	Ilmavoimien LJ-kalustolle tehdyt huollot ja modifikaatiot.....	16
3.3.3	12-vuotishuolto 2017-2018 .....	17
4	LAADUNVARMISTUS HUOLTOTOIMINNASSA .....	19
4.1.	Huoltotoiminta .....	19
4.2.	Modifikaatiot .....	19
4.3.	Laatujärjestelmä.....	20
4.3.1	Viranomaisvaatimukset.....	21
4.3.2	Laadunvarmistus .....	21
6	POHDINTA.....	34
	LÄHTEET .....	35
	LIITTEET .....	37
	Liite 1. Learjet 35/35A 36/36A esimerkkihuolto-ohjelma.....	37
	Liite 2. Learjet 35/35A 36/36A rungon kaarikaavio .....	39

**LYHENTEET JA TERMIT**

ADS-B	automatic dependent surveillance - broadcast
AKV/AKT	alueellisen koskemattomuuden valvonta/turvaaminen
CPDLC	controller–pilot data link communications
DME	distance measuring equipment
EASA	European aviation safety agency
ELT	emergency landing transmitter
FAR	federal aviation regulations
FINAF	Finnish air force
FH	flight hour
FMS	flight management system
FWD/AFT	forward/aft
LH/RH	left hand/right hand
LJ	Learjet
LTJ	lentoteknillisen logistiikan tietojärjestelmä
MLG/NLG	main landing gear/nose landing gear
NDI	nondestructive inspection
PRI/SEC	primary/secondary
RVSM	reduced vertical operation minimum
ST IV	suojaustaso IV, käyttö rajoitettu
TACAN	tactical air navigation
TAWS	terrain awareness and warning system
TCAS	traffic alert collision avoidance system
TMT-järjestelmä	tekninen muutos- ja tiedotusjärjestelmä
UHF	ultra-high frequency
VHF	very high frequency
VOR	VHF omnidirectional range

## 1 JOHDANTO

Learjet 35 on Suomen ilmavoimien käyttämä konetyyppi, jota on käytetty henkilö- ja tavarakuljetuksiin sekä joihinkin operatiivisiin tehtäviin. Viime vuosina konetyypin käyttö on kuitenkin painottunut vahvasti henkilökuljetuksiin, jonka vuoksi nyt tehtävässä modifikaatiossa muutosten pääpaino on päivittää koneen järjestelmät nykyisten sekä tulevien vaatimusten mukaisiksi. Nämä muutokset ovat tarpeellisia lennettäessä Euroopan ruuhkaisessa ilmatilassa. Tehtävillä modifikaatioilla parannetaan myös matkustajien matkustusmukavuutta sekä tehostetaan matkustamon tilankäyttöä.

Modifikaatiossa tehtävien laitemuutosten vuoksi LTJ:ssä oleva laiterakenne on päivitettävä vastaamaan koneen tilaa modifikaation jälkeen. Lisäksi laiterakenteeseen laaditaan laitteiden sijaintia kuvaava positio. Laiterakenteesta poistetaan lentokoneesta poistuvat laitteet, lisätään uutena tulevat yksilövalvottavat laitteet sekä päivitetään modifikaatiossa muuttuvat laitteet. Laiterakenteen päivittämisen lisäksi pyritään sitä myös kehittämään käyttäjäystävällisempään suuntaan, jolloin koneella työskentelevän henkilöstön työskentely sekä lentokoneen laiterakenteen ajantasaisuus LTJ:ssä parantuvat. Yksi merkittävä tähän liittyvä muutos on laitteiden positiomerkin kehittäminen. Aikaisemmin käytössä oleva positiomerkinä on muodostettu pääasiassa juoksevilla numeroinnilla, mutta uuden laiterakenteen tavoitteena on mahdollistaa laitteen paikallistaminen positiomerkin avulla.

Opinnäytetyössä kuvataan Ilmavoimien ja LJ-kaluston huolto-ohjelmaa sekä kerrotaan aikaisemmissa suurissa huolloissa tehdyistä modifikaatioista koneisiin. Lisäksi työssä avataan hieman Ilmavoimissa käytettävän LTJ-järjestelmän sekä sen sisältämän laiterakenteen ominaisuuksia. LJ-kaluston laiterakenteeseen kuitenkin tutustutaan syvemmin sekä tarkastellaan muita työn aikana havaittuja kehityskohteita konetyypin laiterakenteessa ja tutustutaan niiden kehitysprosessiin.

## 2 ORGANISAATIOT

### 2.1. Ilmavoimat

Ilmavoimat on Puolustusvoimien yksi kolmesta puolustushaarasta. Ilmavoimien tehtävä on vastata Suomen ilmapuolustuksesta. Rauhanajan päätehtävä Ilmavoimilla on AKV/AKT-toiminta, johon kuuluvat tehtävät on määritelty laissa puolustusvoimista, aluevalvontalaissa sekä valtioneuvoston asetuksessa ilmavalvonnasta. Käytännössä tämä tarkoittaa jatkuvaa ilmavalvontaa ympärivuorokautisesti ilmavalvontatutkilla sekä muilla sensoreilla. Tarvittaessa voidaan lähettää eri puolilla maata sijaitsevista tukikohdista päivyttävä Hornet-hävittäjä tunnistamaan sekä mahdollisesti käännättämään Suomen ilmatilaan tunkeutuneen tai sen lähellä lentävän ilma-aluksen. Viimeisenä vaihtoehtona on puolustusministeriön luvalla käyttää voimakeinoja hävittämään ilmatilaan tunkeutunut uhka, mikäli se ei reagoi radion välityksellä annettavaan määräykseen käännätyksestä tai laskeutumisesta tai se käyttäytyy uhkaavasti. (Alueellisen koskemattomuuden valvonta ja turvaaminen (AKV / AKT) 2017.)

Kriisiaikana ilmavoimien päätehtäviä ovat hävittäjätorjunta ja ilmaherruuden säilyttäminen. Lisäksi ilmavoimat suojaa yhteiskunnallisesti tärkeitä kohteita ilmasta tapahtuvilta hyökkäyksiltä. Ilmavoimat tukee myös muiden puolustushaarojen toimintaa torjumalla niihin kohdistuvia ilmauhkia sekä antaa tulitukea ilmasta maahan -aseiden avulla. (Ilmavoimat vastaa Suomen ilmapuolustuksesta 2017.)

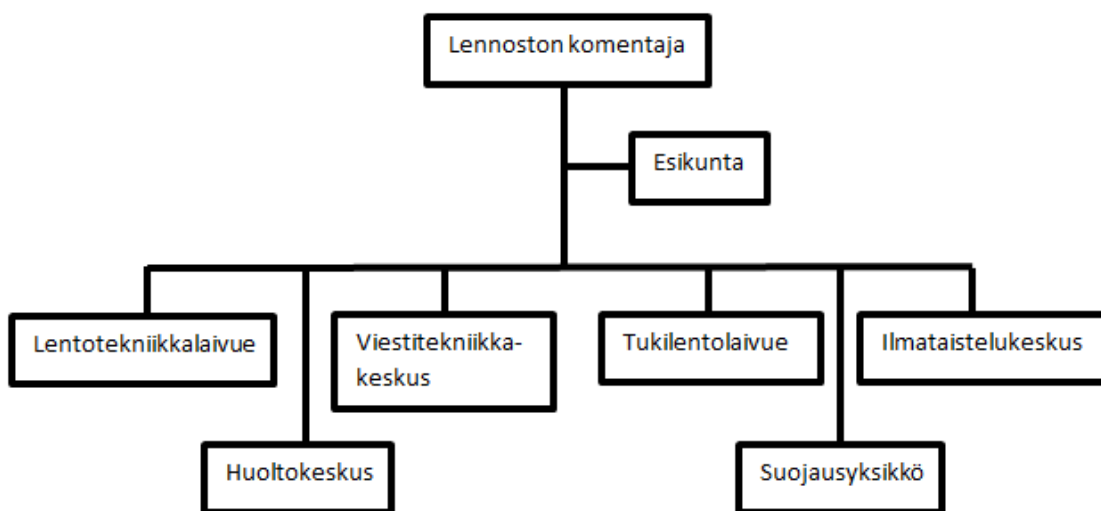
Ilmavoimilla on viisi joukko-osastoa. Näitä ovat Ilmavoimien esikunta, Ilmasotakoulu, Lapin lennosto, Karjalan lennosto ja Satakunnan lennosto. Esikunnan tehtävänä on vastata ilmapuolustuksen johtamisesta niin normaalioloissa kuin kriisiaikanakin. Ilmasotakoulu vastaa koulutuksesta sekä varusmiehille että palkatulle henkilöstölle. Lennostojen päätehtävä on vastata ilmatilan koskemattomuudesta sekä toteuttaa operatiivisen toiminnan toteutuksesta. (Ilmavoimat vastaa Suomen ilmapuolustuksesta 2017.)

### 2.1.1 Satakunnan lennosto

Satakunnan lennosto on yksi kolmesta Ilmavoimien alaisuudessa toimivasta lennostosta. Se sijaitsee Pirkkalassa lentokentän kupeessa, johon se siirtyi Porista vuonna 1985 (Satakunnan lennoston historia 2014). Satakunnan lennoston organisaatio jakautuu vielä useisiin joukkoyksikköihin (kuvio 1), joista jokaisella on oma tehtävänsä maamme ilmapuolustuksen osalta.

Lentokaluston kanssa tekemisissä olevia joukkoyksiköitä on yhteensä kolme. Tukilento-laivue vastaa Ilmavoimien kuljetustarpeista kuljetus- ja yhteyskoneilla. Se osallistuu myös tukilennoilla kansainvälisiin kriisinhallintaoperaatioihin. Lentotekniikkalaivue vastaa lentokaluston huolloista, vikakorjauksista sekä kunnossapidosta. Satakunnan lennoston lentotekniikkalaivueella on muiden lennostojen lentotekniikkalaivueista poiketen lupa huoltaa myös tyyppihyväksymättömiä lentokoneita, joita ovat muun muassa koelentoja lentävä kalusto. Ilmataistelukeskuksen tehtävänä on lentää koelentoja sekä testata operatiivista kalustoa. Koelentojen ja testauksien perusteella Ilmataistelukeskus kehittää laitteita vastaamaan paremmin Puolustusvoimien tarpeita. (Satakunnan lennoston organisaatio ja tehtävät 2017.)

Lisäksi tärkeänä osana organisaatiota toimii esikunta, jonka ansiosta näiden kaikkien joukkoyksiköiden välinen yhteistyö on mahdollista. Esikunta suunnittelee lennoston toimintaa ja joukkoyksiköiden yhteistyötä sekä vastaa lennoston taloushallinnosta (Satakunnan lennoston organisaatio ja tehtävät 2017).



KUVIO 1. Satakunnan lennoston organisaatio



### **2.1.2 Lentotekniikkalaivue**

Lentotekniikkalaivueet perustettiin joukko-osastoihin puolustusvoimauudistuksen myötä, kun lentotekniikka irrotettiin hävittäjälentolaivueista ja sille perustettiin omat laivueet lennostoihin. Tässä opinnäytetyössä käsitellään ainoastaan Satakunnan lennoston lentotekniikkalaivuetta, joka on Satakunnan lennoston alaisena toimivaa joukkoyksikkö. Se perustettiin puolustusvoimauudistuksen yhteydessä, kun Hävittäjälentolaivue 21 sekä lentokonekorjaamo lakkautettiin ja tukilentaivue sekä koelentotoiminta siirtyivät Satakunnan lennostoon vuoden 2015 alussa. Lentotekniikkalaivue jakautuu lentueisiin, joita ovat käyttöhuolto-, yhteys-, tukeutumis- sekä esikuntalentueet, jotka kukin vastaavat omasta tehtäväalueestaan.

Lentotekniikkalaivue on Sotilasilmailun viranomaisyksikön hyväksymä huolto-organisaatio, jonka toimintaa ohjaavat sotilasilmailu- ja ilmailumääräykset sekä puolustusvoimien asettamat normit. Sen tehtävänä on ylläpitää jatkuvaa lentokaluston sekä lentoteknisen materiaalin lentoturvallisuutta, korkeaa käytettävyyttä sekä nopean valmiudenkottamisen mahdollistamista. Se antaa myös tarvittavan lentotoiminnan mahdollistavan tuen käsketyissä tukikohdissa ja vastaa henkilöstön kouluttamisesta. (Lentotekniikkalaivueen toimintakäsikirja 2014, 14.)

### **2.2. Puolustusvoimien logistiikkalaitos**

Logistiikkalaitos on Pääesikunnan alainen yksikkö, jonka tehtävänä on huolehtia muun muassa Puolustusvoimien materiaalista sekä hankinnoista. Lisäksi logistiikkalaitos vastaa joukkojen ja järjestelmien toimintakyvystä. (Puolustusvoimien logistiikkalaitos 2017.)

Logistiikkalaitos perustettiin osana puolustusvoimauudistusta ja se aloitti toimintansa vuoden 2015 alussa. Puolustusvoimauudistuksen myötä lakkautettiin puolustushaarakohdittaiset materiaalityökalitokset, joiden toiminta jatkuu logistiikkalaitoksen alla kolmena logistiikkarykmenttinä. Lisäksi logistiikkalaitoksen alla toimivat sotilaslääketieteen-, räjähdettä ja järjestelmäkkesukset sekä logistiikkakoulu. Kaikkia logistiikkalaitoksen yksiköitä johtaa esikunta, joka myös vastaa yhteistyöstä Puolustusvoimien eri kumppaneiden kanssa

toimimisesta. Puolustusvoimien logistiikkalaitos on kokonaisuudessa erittäin laaja, sillä on toimintaa yhteensä 39 paikkakunnalla. (Puolustusvoimien logistiikkalaitos 2017.)

### **2.2.1 Järjestelmäkeskus ja Ilmajärjestelmäosasto**

Järjestelmäkeskuksen tehtävä on vastata materiaalin tarkastuksesta sekä elinjaksosta, kunnossapidosta ja hankinnasta. Sen tehtävänä on myös vastata materiaalin suorituskyvyn suunnittelusta, rakentamisesta ja ylläpidosta sekä niihin liittyvistä tutkimuksista. Näiden lisäksi järjestelmäkeskus vastaa poikkeusolojen toimintavalmiudesta sekä kansainvälisestä materiaaliyhteistyöstä. Järjestelmäkeskus jakautuu osastoihin, jotka vastaavat oman vastualueensa materiaalin suorituskyvystä. (Järjestelmäkeskuksen työjärjestys 2015, 5.)

Ilmajärjestelmäosasto vastaa sotilasilmailun materiaalista. Sen tehtävänä on vastata muun muassa siitä, että joukoilla on jatkuvasti käytettävissä materiaalin osalta täysi operatiivisten- ja lentokelpoisuusvaatimusten mukainen suorituskyky. (Järjestelmäkeskuksen työjärjestyksen liite 3.5 2015, 2.)

## **2.3. Aero-Dienst**

Aero-Dienst on saksalainen lentoyhtiö, jonka pääpaino on lentokonehuollot, mutta yhtiö tekee myös tilaus- sekä ambulanssilentoja yksityiskoneilla. Lisäksi se myös toimii useiden konetyyppien myyntiedustajana. Sen edustamat konemallit ovat Dassault Falcon, Bombardier Challenger, Global ja Learjet (Aero-Dienst Sales 2017). Huoltotoiminta yhtiöllä on varsin kattava, se tekee eritasoisia huoltoja monille konetyypeillä, koska sillä on EASA/FAR Part 145 hyväksytty lentokonekorjaamo useille liikelentokonetyypeille. Lisäksi organisaatiolla on myös EASA Part 21 hyväksyntä. (Aero-Dienst Maintenance 2017.)

Ilmavoimat on teettänyt suuret huollot sekä modifikaatiotyöt Aero-Dienstillä vuodesta 2005 lähtien. Yhteistyökokemukset ovat olleet erittäin hyvät ja näin ollen Aero-Dienst valikoitui myös nyt tehtävän 12-vuotishuollon sekä modifikaation tekijäksi.

### 3 GATES LEARJET 35 A/S

#### 3.1. Yleistä

Learjet 35 (kuva 1) on yhdysvaltalaisvalmisteinen kaksimoottorinen ja kahdeksan paikainen liikesuihkukone. Se on kehitelty edeltäjästään Learjet 25:stä, joka lensi ensilentoja seitsemän vuotta ennen Learjet 35:tä. Learjet 35:stä on jatkokehitetty mallit 36 sekä 31, joista Learjet 36 on melko vastaava 35:n kanssa, mutta se kykenee pidempään toimintasuorituskykyyn. Learjet 31 taas on jo huomattavasti erilaisempi, jossa on yhdistelty eri malleja, siinä on muun muassa yhdistetty 35:n runko ja 55:n siivet. (Learjet 30 Series Information 2017.)



KUVA 1. Learjet 35A/S (Kuva: Ilmavoimat 2017)

Learjet 35:stä on tehty myös sotilasversio Yhdysvaltain ilmavoimille, jossa se kantaa tyyppimerkintää C-21. Se eroaa siviiliversiosta muun muassa matkustamon tehtäväkohtaisesta muuntuvuudesta sekä suunnistusjärjestelmästä. C-21 on mahdollista varustaa medevac-varustuksella, jolloin koneella voidaan kuljettaa ja antaa hoitoa yhdelle paripotilaalle tai viidelle istumapotilaalle. Suunnistusjärjestelmänä koneessa on sotilasilmailussa käytössä oleva taktinen navigointi eli TACAN (Fact Sheet: C-21 2014). Se on vastaava järjestelmä siviilikäytössä olevalle VOR/DME-suunnistukselle, mutta TACANin etu on

sen suurempi tarkkuus johtuen kaksitaajuustoiminnasta sekä UHF-signaalin vähäisemmästä taipumisesta verrattuna VHF-signaaliin (Vosecký 2017).

## Historia

Learjetin toisen sukupolven liikesuihkukoneperheen kone, Learjet 35, on kehitysversion edeltäjästään Learjet 25:stä. Merkittävimmät muutokset uudessa mallissa olivat muun muassa pidempi toimintasäde sekä pidempi runko. Ensimentonsa kone lensi vuonna 1973 ja tyyppi hyväksynnän se sai vuotta myöhemmin. Päivitetty versio 35A julkaistiin vuonna 1974, jossa oli päivitettyt moottorit, joilla saavutettiin entistä pidempi toimintasäde. Learjet 35/35A -mallien tuotanto päättyi vuonna 1994. (Condon 2010, 8, 13.)

## Suorituskyky

Learjet 35 on suorituskyvyltään hyvin tyyppillinen liikesuihkukone. Se on suunniteltu lentämään kovaa ja korkealla, jossa liikennemäärät ovat matalammat. Toimintasäde koneessa on Suomen ilmavoimille varsin riittävä, koska se kattaa lähes koko Euroopan. Taulukkoon 1 on listattu koneen merkittävimmät mitat sekä suorituskyvyn kannalta oleelliset tiedot.

TAULUKKO 1. Learjet 35:n suorituskyky ja mitat (Condon 2010, 25-27)

Tekniset tiedot	
Siipien kärkiväli	12,04 m
Pituus	14,83 m
Korkeus	3,73 m
Tyhjäpaino	4 470 kg
Suurin lentoonlähtöpaino	8 300 kg
Maksiminopeus	0,78 M (merenpinnalla 307 kts)
Lakikorkeus	45 000 jalkaa
Toimintasäde	3 000 km
Työntövoima	2 x 15,6 kN

Lentokone on kokometallirakenteinen ja se saa työntövoimansa kahdesta Garrett TFE 731-2-2B -puhallinturbiinimoottorista, jotka on sijoitettu liikesuihkukoneille tyyppilliseen tapaan lentokoneen takarunkoon (Ilmavoimat 2018). Moottorit ovat erittäin taloudelliset, jotka mahdollistavat varsin laajan toimintasäteen, jonka vuoksi Learjet 35 onkin edelleen erittäin suosittu omassa kokoluokassaan (Jetadvisor 2017).

### 3.2. Learjet 35A:n huolto-ohjelma

Valmistaja on jakanut Learjet 35A:n huollot ja tarkastukset neljään eri ryhmään. Näitä ryhmiä ovat

- määräaikaishuollot
- erikoisperusteiset huollot
- määräaikaistekniikkavaihdot
- suunnittelemattomat huollot

Määräaikaishuollot seuraavat tiettyä lento- tai kalenteriaikaperusteista ohjelmaa. Learjet 35:n huolto-ohjelma perustuu 24-vaiheiseen huolto-ohjelmaan, jossa on neljä lento- tai kalenteriaikaperusteista huoltoa, jotka on nimetty A, B, C ja D-huolloiksi (taulukko 2), joista kukin on jaettu kuuteen huoltolistaan. Lentokoneen käyttäjä voi itse näistä muodostaa mieleisensä huolto-ohjelman. Liitteessä 1 on kaksi valmistajan luomaa esimerkki-huolto-ohjelmaa. Näiden lisäksi on myös olemassa muutama laajempi huolto laskukertojen mukaan sekä erittäin laajamittaiset lento- tai kalenteriaikaperusteiset huollot (taulukko 2). (LJ 35/35A 36/36A Maintenance manual 2015, 05-10-00.)

TAULUKKO 2. Learjet 35/35A ja 36/36A määräaikaishuollot

Huolto	Tarkastuksen ajankohta
A-huolto	300 fh tai 12 kk
B-huolto	600 fh tai 24 kk
C-huolto	1 200 fh tai 48 kk
D-huolto	2 400 fh tai 96 kk
3 000 laskun laskutelinehuolto	3 000 laskeutumista
Laaja laskutelinehuolto	6 000 laskeutumista
12-vuotishuolto	12 vuotta tai 6 000 laskeutumista
12 000 fh runkokuolto	Ensimmäinen 12 000 fh, jonka jälkeen 6 000 fh välein

Erikoisperusteiset huollot ovat muun muassa moottorin peruskorjauksen yhteydessä tehtäviä huoltoja sekä yksittäisten laitteiden tai järjestelmien peruskorjauksia tai toimintatarkastuksia, joilla on määräaikaishuolloista poikkeava huoltojakso. Suurin osa näistä huol-

loista on kuitenkin mahdollista sijoittaa määräaikaishuoltojen yhteydessä tehtäviksi, jolloin ne eivät keskeytä lentokoneella lentämistä huoltojen välillä. (LJ 35/35A 36/36A Maintenance manual 2016, 05-29-11.)

Määräaikaistaitevaihdot ovat tietyin määräajoin tehtäviä pakollisia laitevaihtoja, jossa lentoturvallisuuden kannalta kriittinen laite vaihdetaan tietyn ajanjakson jälkeen, vaikka laite olisi yhtä toimintakuntoinen. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi ohjainpintojen kiinnitysosat, hydraulilinjien letkut sekä laskutelineiden osat. (LJ 35/35A 36/36A Maintenance manual 2016, 05-11-00.)

Suunnittelemtomia huoltoja ovat epänormaalin käytön vuoksi tehtävät erityistarkastukset. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi kova tai ylipainoinen laskeutuminen, salamanisku, lentoasun ylinopeus tai keskeytetty lentoonlähtö. (LJ 35/35A 36/36A Maintenance manual 2016, 05-50-00.)

### **3.3. Learjet 35 Ilmavoimissa**

Ilmavoimat hankki vuonna 1982 kolme kappaletta Learjet 35A -koneita korvaamaan Iljushin Il-28:t maalihinaus-, valokuvaus- ja merivalvontatehtävissä. Uudet Learjetit toimitettiin Ilmavoimille siipiripustimilla sekä ulkoisilla laitekoteloilla varustettuna. Näillä mahdollistettiin ulkoisen kuorman kantaminen sekä merivalvontatutkien ja kameroiden asennus. (Ilmavoimat 2018.)

Ilmavoimien Learjetit toimivat tyyppitunnuksella LJ ja ovat nykyisin sijoitettuna Satakunnan lennoston Tukilentoalivueeseen, jonne ne siirtyivät vuonna 2014 puolustusvoimauudistuksen myötä. Learjetit ovat Pilatuksien rinnalla käytössä pieniin tavara- sekä henkilökuljetustarpeisiin. LJ-kaluston merkittävin etu Pilatukseen on sen kaksimoottorisuus, jonka vuoksi niillä voidaan kuljettaa myös valtion ylintä johtoa, kuten tasavallan presidenttiä. Lisäksi sen toiminta säde on laajempi sekä matkalentonopeus on huomattavasti suurempi, mutta käyttökustannuksissa Learjet häviää Pilatukselle.

2017-2018 tehtävässä 12-vuotishuollossa osa tehtävävarustuksesta puretaan ja sen tilalle tehdään matkustusmukavuutta edistäviä muutoksia, koska LJ-kaluston käyttö operatiivisissa tehtävissä on vähentynyt ja sen käyttö henkilökuljetuksiin on lisääntynyt. Kuitenkin osa yhä tarpeelliseksi todetusta tehtävävarustuksesta säilytetään.

### 3.3.1 Ilmavoimien laatima huolto-ohjelma Learjet 35A:lle

Ilmavoimien LJ-kalustolla on käytössä 6-tasoinen huolto-ohjelma (taulukko 3), joka on suunniteltu valmistajan huoltovaatimusten mukaisesti huomioiden Ilmavoimien käytön sekä huoltotarpeen.

TAULUKKO 3. Learjet 35A/S huolto-ohjelma ilmavoimissa

Huolto	Huoltoväli
A-tarkastus	Lentojen välissä
B-tarkastus	Ennen jokaista lentopäivää
C-huolto	6 kk
D-huolto	300 fh tai 12 kk
E-huolto	600 fh tai 24 kk
F-huolto	1 200 fh tai 48 kk
G-huolto	2 400 fh tai 96 kk

A- ja B-tarkastukset ovat käyttöhuoltoon kuuluvia päivittäisiä tarkastuksia. B-tarkastus on päivätarkastus, joka tehdään ennen päivän ensimmäistä lentoa. Se sisältää muun muassa rengaspaineiden ja valojen sekä ulkopuolisten pintojen ja laitteiden kunnon tarkastuksen. Se on voimassa 36 tuntia siitä hetkestä, kun koneen ohjaaja vastaanottaa lentokoneen ensimmäiselle lennolle. A-tarkastus on B-tarkastusta hieman suppeampi tarkastus, joka jaetaan vielä A1- ja A2-tarkastuksiin. A1-tarkastus on lentojen välissä tehtävä ja A2-tarkastus tehdään päivän viimeisen lennon jälkeen. (Valmisteluohje: Learjet 35 A/S 2010, 2-1-2.)

Laajempia huoltoja ovat C, D, E, F ja G-huollot. Näistä C-huoltoon sisältyy voiteluhuolto sekä valmistajan käskemät kuuden kuukauden välein tehtävät huoltotehtävät. Muut huollot tehdään liitteen 1 ensimmäisellä sivulla olevan valmistajan laatiman esimerkkihuolto-

ohjelman mukaisesti. Esilaaditun huolto-ohjelman noudattaminen helpottaa mm. koneiden huoltamista ulkomailla, koska huollon sisältö on tällöin helpompi määrittää (Kuljetuskonesektorin varajohtaja 2018). D-huolto vastaa valmistajan laatimaa A-huoltoa, johon kuuluu kaikki A-tason huoltotehtävät. E-huoltoon kuuluu valmistajan laatimat B-tason huoltotehtävät sekä lisäksi kaikki edellisen tason tehtävät. F- ja G-huollot ovat samalla periaatteella, eli sisältävät astetta korkeamman huollon tehtävät sekä kaikki edelliset.

Ilmavoimat tekee itse koneiden huollot E-huoltoon saakka, F- ja G-huollot teetetään Aero-Dienstillä Saksassa Ilmavoimien rajallisten resurssien vuoksi. Koneiden huollot on sijoitettu kalenteriin, koska Ilmavoimien LJ-kalustolle tulee varsin vähän lentotunteja, jolloin kalenteriperusteinen huoltojakso umpeutuu ennen lentoaikaperusteista huoltojaksoa. Tällainen suunnittelu myös helpottaa huoltojen ennakkointia eikä kahta konetta tarvitse seisottaa samanaikaisesti huollossa.

### **3.3.2 Ilmavoimien LJ-kalustolle tehdyt huollot ja modifikaatiot**

Edellisen kerran 12-vuotishuollossa koneet kävivät vuonna 2005. Huollossa tehtiin kaikki A, B, C ja D-tason huoltotehtävät sekä 12-vuotisen runkokuuhoon huoltotehtävät mukaan lukien useita NDI-tarkastuksia. Huollossa tehtiin myös useita erikoisperusteisia huoltotehtäviä, joita olivat esimerkiksi laajat laskutelineiden huollot. Lisäksi huollossa suoritettiin useita huoltotiedotteiden mukaisia töitä ja vaihdettiin laitteita, joiden käyttöaika täytyi, esimerkiksi ohjainvaihjereita sekä hydraulii- ja polttoaineletkuja.

Vuonna 2009 kaikille kolmelle Learjetille tehtiin F-huolto sekä kaikkiin koneisiin päivitettiin ELT. Lisäksi LJ-3:en asennettiin uusina järjestelminä törmäyksen varoitus- ja estojärjestelmä TCAS sekä pienennetty korkeusporrastusminimi RVSM, joiden ansiosta koneella voidaan lentää Euroopan ruuhkaisessa ilmatilassa, jossa nämä järjestelmät vaaditaan. Itse F-huoltoon kuului kaikki valmistajan laatimat A, B ja C-tason huoltotehtävät. Lisäksi huollossa tehtiin erikoisperusteisiin huoltoihin kuuluvia tehtäviä.

Vuonna 2014 kaikille koneille tehtiin G-huolto, jossa lisäksi LJ-1 ja LJ-2 modifioitiin samaan tasoon LJ-3:n kanssa, jolloin niihin asennettiin TCAS ja RVSM. Muita huollossa



tehtäviä toimenpiteitä olivat kaikki valmistajan laatimat A, B, C ja D-tason huoltotehtävät. Lisäksi huollossa tehtiin moottoreiden tarkastuksia sekä huoltoon sisällytettiin myös muita erikoisperusteisia huoltoja, kuten 3 000 laskun huolto, ohjainvaijereiden vaihtoja sekä polttoainesäiliöiden tarkastuksia. Näiden lisäksi huollossa suoritettiin myös useita huoltotiedotteiden vaatimia toimenpiteitä.

### **3.3.3 12-vuotishuolto 2017-2018**

Nyt tehtävässä huollossa suoritetaan kaikille kolmelle koneelle 12-vuotishuolto, G-huolto sekä laajat modifikaatiot. Tehtävien modifikaatioiden tarkoituksena on modernisoida kone nykyaikaan sekä myös tulevaisuutta silmällä pitäen. Tällä hetkellä Ilmavoimien Learjet-kaluston avioniikka vastaa tämänhetkisiä vaatimuksia, mutta nyt tehtävillä modifikaatioilla tähdätään koneen järjestelmien vaatimustenmukaisuuteen ja käytettävyyteen myös tulevaisuudessa. Euroopan ilmatila ruuhkautuu jatkuvasti enemmän, minkä vuoksi määräyksiä tiukennetaan jatkuvasti. Lisäksi modifikaatiossa koneesta poistuu osa tehtävävarustuksesta ja koneen sisätilat järjestetään henkilökuljetuksiin sopivammiksi. Tehtävävarustuksesta koneeseen jätetään kuitenkin joitain operatiivisia järjestelmiä, joiden rajapintana lentokoneen kanssa toimii modifikaatiossa asennettava muunnintietokone.

Keskeisiä modifikaatioon kuuluvia järjestelmiä ovat eri suunnistus- ja kommunikointijärjestelmät. Tähän kuuluu muun muassa maatörmäysvaroitussysteemi TAWS, joka on ollut yleisilmailukoneita suuremmissa siviililentokoneissa pakollinen vuodesta 2003 lähtien. Toinen järjestelmä on ADS-B out, joka on MODE S -transponderin korvaava järjestelmä. Sen avulla lentokone voidaan paikallistaa satelliittiyhteyden avulla nykyisen transponderitutkan sijan. Asennettava ADS-B out -järjestelmä vaatii myös FMS:n päivityksen, koska nykyisen FMS:n taso ei kata ADS-B kykyä. Kommunikointiin liittyvä modifikaatio on CPDLC:n asennus, jonka tarkoitus on mahdollistaa tekstipohjainen viestintä lennonjohdon ja koneen miehistön välillä. Järjestelmä on tulossa pakolliseksi yli 28 500 ft lentäville koneille, mutta tarkkaa aikataulua täytäntöönpanosta ei ole vielä tiedossa. (LJ-jaksojen varajohtaja 2018.)

Aero-Dienst on laatinut ennen huoltoa Ilmavoimille huoltosuunnitelman, jonka Ilmavoimat on hyväksynyt. Huoltosuunnitelmasta käy ilmi modifikaatiossa ja huollossa tehtävät työt suunnitelmatasolla. Suunnittelun aikataulun mukaan koneiden huollot kestävät 20–

24 viikkoa. Ensimmäinen kone lähtee huoltoon syyskuun 2017 alussa ja huollon on määrä valmistua seuraavan vuoden helmikuussa, jolloin seuraava kone lähtee huoltoon. Toisen koneen huolto kestää helmikuusta 2018 saman vuoden kesäkuuhun. Viimeisen koneen huolto alkaa kesäkuussa 2018 ja sen on määrä valmistua marraskuussa 2018, jonka jälkeen kaikki kolme konetta ovat uudessa modifikaatiotasossa sekä valmiit lentopalvelukseen.

## **4 LAADUNVARMISTUS HUOLTOTOIMINNASSA**

### **4.1. Huoltotoiminta**

Ilmailussa ilmailuviranomainen antaa erittäin tarkat vaatimuksen muun muassa huolto-organisaatiolle ja sen henkilöstölle sekä muut vaatimukset lentokoneen lentokelpoisuuden ylläpitämiselle. Niissä määritetään muun muassa vaatimukset huolto-organisaatiolle sekä -henkilöstölle. (Ilmailulaki 7.11.2014/864.) Sotilasilmailu kuitenkin poikkeaa hie-  
man siviili-ilmailusta. Sotilasilmailussa sotilasilmailuviranomainen antaa vaatimukset lentokelpoisuudesta sotilaskoneille. Sotilasilmailumääräykset ovat kuitenkin monilta osin hyvin samankaltaisia siviili-ilmailumääräysten kanssa. Lisäksi on valmisteilla yhteiseurooppalainen sotilasilmailumääräys EMAR M. (Sotilasilmailumääräys SIM-To-Lt-019.)

Merkittävin eroavaisuus sotilas- ja siviili-ilmailumääräysten välillä on se, että Suomen sotilasilmailussa on tyyppivastuuorganisaatio, jonka tehtävänä on vastata lentokoneen lentokelpoisuudesta sekä tyyppihyväksynnästä. Myös erilaisten muutos- ja korjaustöiden hyväksynnästä vastaa tyyppivastuuorganisaatio. (Sotilasilmailumääräys SIM-To-Lt-019.) Sotilasilmailussa voi myös poiketa sotilasilmailumääräyksistä edellyttäen, että sotilasilmailuviranomainen on hyväksynyt poikkeuksen (Sotilasilmailumääräys SIM-To-Lt-001).

### **4.2. Modifikaatiot**

Lentokoneeseen tehtävien modifikaatioiden tarkoituksena on kehittää lentokonetta vastaamaan käyttäjän tarpeita tai pidentää sen käyttöikää ja -turvallisuutta. Myös lentokoneen valmistaja voi vaatia modifikaatiota tehtäväksi huoltotiedotteella, mikäli se on havainnut jonkun lentoturvallisuuteen vaikuttavan seikan konetyypissä. Kaikki lentokoneyksilöön tehtävät modifikaatiot on dokumentoitava tarkasti lentokoneen historiaan tulevaisuutta ja muutoshyväksyntää varten. Euroopassa siviili-ilmailussa muutoshyväksynnän antaa EASA, mutta Suomen sotilasilmailussa muutoshyväksynnän antaa tyyppivastuuorganisaatio. (Licence By Post, 11; Sotilasilmailumääräys SIM-To-Lt-019.)

Modifikaatiot voidaan jakaa kahteen ryhmään, pieniin ja suuriin muutoksiin. Pieniksi muutoksiksi lasketaan muutokset, joista ei aiheudu merkittävää muutosta (Licence By Post, 11)

- lentokoneen painoon tai painopisteeseen
- rakenteelliseen lujuuteen
- luotettavuuteen
- käyttöominaisuuksiin
- meluun
- polttoaineen huohotukseen
- päästöihin
- mihinkään muuhun lentokelpoisuuteen vaikuttavaan tekijään

Siviili-ilmailussa modifikaatioihin, jotka luokitellaan suuriksi, voi ainoastaan tyyppihyväksynnän haltija hakea muutoshyväksyntää (Licence By Post, 11). Sotilasilmailu poikkeaa siviili-ilmailusta siltä osin, että tyyppivastuuorganisaatio on sotilastyyppihyväksynnän haltija. Tämä tarkoittaa sitä, että suuremmissa modifikaatioissa muutoshyväksyntä tehdään tyyppitarkastuksen kautta tai sotilasilmailuviranomaisen ehtojen mukaisesti tyyppihyväksynnän kautta. Pienet muutokset voidaan hyväksyä TMT-järjestelmässä. (Kuljetuskonesektorin varajohtaja 2018.)

### **4.3. Laatu järjestelmä**

Organisaation laatu järjestelmän avulla organisaatio todistaa itselleen, yhteistyökumppaneilleen sekä viranomaisille sen asianmukaisesta huoltotoiminnasta. Lisäksi se antaa edellytykset lentokoneen jatkuvan lentokelpoisuuden ylläpidolle sekä lentoturvallisuudelle ja sen avulla luodaan myös vaatimukset organisaation tarkastustöihin, koulutukseen sekä auditointiin. Laatujaoksen vastuualueita ovat muun muassa (Aubin. 2004, 75.)

- työntekijöiden sekä välineiden ja toimintatapojen vaatimustenmukaisuus
- laatia oikeat toimintatavat töiden dokumentoinnista
- tarkastella sekä valmistella laaturaportteja sekä raportteja oman toiminnan häiriötilanteista
- tarkastella sekä hyväksyä tehdyt muutokset huolto- ja työohjeisiin
- varmistaa kaikkien määräysten täyttyminen

### 4.3.1 Viranomaisvaatimukset

Viranomaiset määrittävät tarkasti huolto-organisaation laatujärjestelmän vaatimukset. Myös jatkuvan lentokelpoisuuden hallintaorganisaatiolle on annettu vaatimukset, jotka organisaation on täytettävä. Yksi asetetuista vaatimuksista on asianmukainen laatujärjestelmä. Laatujärjestelmällä varmistetaan, että lentokoneen lentokelpoisuutta varten vaadittavat toimenpiteet tehdään asianmukaisesti. Asianmukaisesta laatujärjestelmästä vastaa myös siihen nimetty henkilö, jonka tehtävänä on valvoa, että lentokelpoisuuteen vaadittavat työt tehdään vaadittavalla tasolla. Lisäksi laatujärjestelmässä täytyy olla palautejärjestelmä, jotta voidaan suunnitella toimintatapaan korjaavia toimenpiteitä tarpeen mukaan. Sisäinen palautejärjestelmä on osa organisaation sisäistä auditointia. (Komission asetus 1321/2014/EU.)

Siviili-ilmailumääräyksissä määritellään myös jatkuvaa lentokelpoisuutta koskeva tallennusjärjestelmä. Järjestelmään on jäätävä jälki muun muassa suoritetuista huolloista, joista laaditaan huoltotodiste. Lisäksi tallennusjärjestelmässä tulee olla muun muassa (Komission asetus 1321/2014/EU.)

- lentokelpoisuusmääräykset sekä toimivaltaisen viranomaisen esittämät vaatimukset
- tiedot muutostöistä sekä korjauksista
- huolto-ohjelman tilanne
- huoltojaksollisten laitteiden huoltojakson tilanne
- massa- ja tasapainoraportit
- viimeisin siirretyn huollon luettelo

Ilmavoimissa kaikki edellä mainitut on koottu LTJ:än kaikkien konetyyppien osalta.

### 4.3.2 Laadunvarmistus

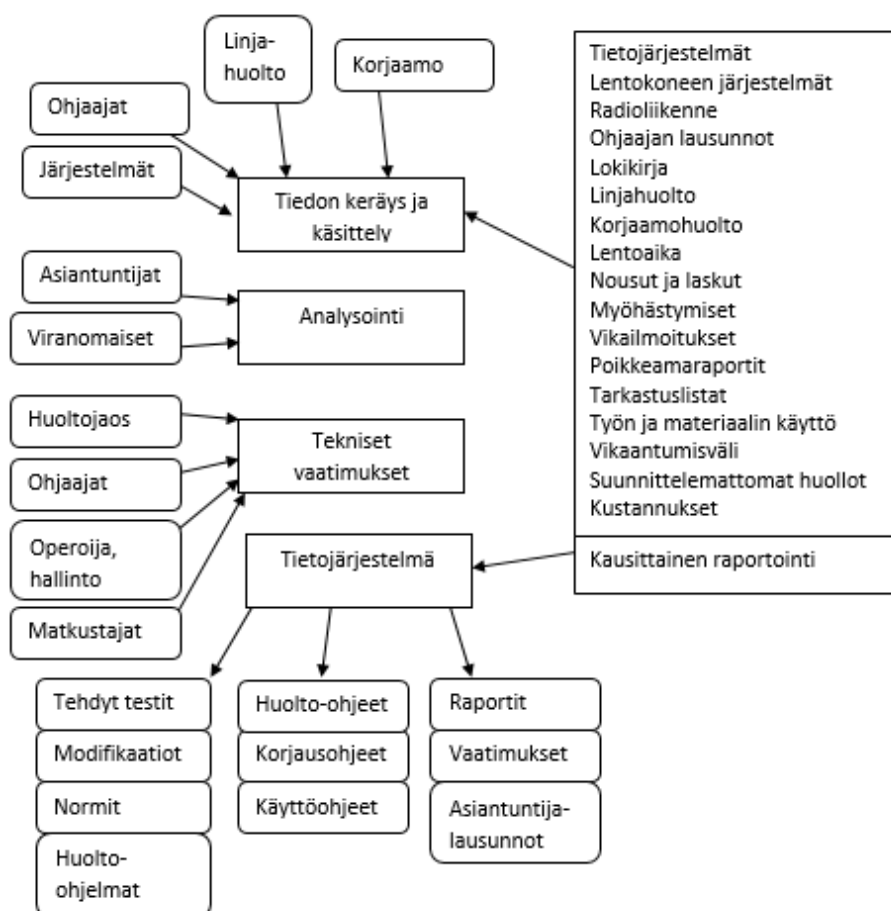
Alun perin lentokoneen huolto-ohjelmat perustuivat lähinnä kiinteään ”hard-time” huoltojaksoon, jonka ajatuksena oli, että jokainen merkittävän käyttötarkoituksen omaava osa lentokoneesta olisi määräajoin irrotettava ja tarkastettava. Lisäksi aika ajoin olisi myös koko kone purettava ja peruskorjattava takaamaan parhaan lentoturvallisuuden. Nykyään

kiinteä huoltojakso on lähinnä turvallisuuden kannalta erittäin kriittisillä osilla ja laitteilla, muilta osin on pyritty siirtymään laitteen kuntoa mittaavaan ”On Condition” huoltomalliin. ”On Condition” huoltomallissa laitteen kunto tarkastetaan tarpeen mukaan ja se vaihdetaan vasta sitten, kun todetaan, ettei se laitteen kunto tai ominaisuudet enää vastaa sille asetettuja vaatimuksia. Sen tarkoituksena on vähentää kustannuksia sekä keventää huollon taakkaa kuitenkin vaikuttamatta lentoturvallisuuteen. (Aubin. 2004, 76.)

Kolmas huoltomalli on analyttinen malli eli kuntoa seuraavaa ”condition monitoring” huoltomalli. Sitä sovelletaan laitteille ja osille, jotka eivät välttämättä sovellu yksiselitteisesti kiinteään eikä kuntoa mittaavaan huoltomalliin. Tämän huoltomallin tarkoituksena on kerätä dataa laitteen tai osan vioittumisesta ja laatia tarvittaessa sen pohjalta laitteelle sopiva huoltojakso. Tällainen toimintatapa on melko monivaiheinen sekä vaativa, mutta sen avulla voidaan välttää ylihuoltamista sekä tarpeetonta lentokoneen seisottamista maassa. Toimintamallin järjestelmä koostuu (Aubin. 2004, 77.)

- tiedonkeruusta
- kerätyn tiedon analysoinnista
- kerätyn tiedon pohjalta tehdyistä korjaustoimenpiteistä
- tilastoinnin pohjalta laadittavasta normista
- päivittyvästä tiedotusjärjestelmästä
- huoltojakson sekä toimintatavan muutoksesta

Tiedonkeruu on erittäin laaja osa toimintamallia ja siitä saadaan valtava määrä käsiteltävää tietoa monelta eri taholta (kuvio 2). Kerätyn tiedon analysoinnissa arvioidaan huolto-ohjelman tai -mallin muutostarpeesta, toimintatavan muutoksesta tai koneen modifikaatiotarpeesta. (Aubin. 2004, 77.)



## KUVIO 2. Kuntoa seuraavan ”condition monitoring” huoltomallin runko

Kerätyistä tiedoista luodaan tilastot, joiden avulla organisaatio laatii normin. Luodut tilastot koostuvat järjestelmän tai laitteen vikaantumisista, ohjaajan lausunnoista, lentoajasta ym. Normia laatiessa otetaan huomioon tilastojen mukainen turvallinen käyttöaika laitteelle. Tarvittaessa se korjataan vastaamaan käyttäjän käyttöspektriä ja -ympäristöä. Huoltojakson ja toimintatavan muutoksia tehdään tarpeen mukaan tyypillisesti kiinteän ja kuntoa mittaavan huoltojakson laitteille. Muutoksia tehtäessä otetaan huomioon kerätyn tiedon pohjalta luodut tilastot. (Aubin. 2004, 78-79.)

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyön tuloksena luotu päivitetty laiterakenne pyrittiin luomaan mahdollisimman selkeäksi järjestelmään syöttämistä varten. Tarvittavilta osin laitteen tietoihin lisättiin lisätietoja, mikäli laitteen kohdalla tapahtui merkittäviä muutoksia, jotka vaativat tarkennusta. Luotuun laiterakenteeseen on kuitenkin suhtauduttava varauksella, koska huollon aikana saattoi tulla muutoksia lentokoneen laitteisiin, joita ei alkuperäisessä huoltosuunnitelmassa ollut. Huollon aikana tapahtuneet muutokset pyrittiin laiterakennetta laatiessa huomioimaan, mutta kaikkia mahdollisia muutoksia työhön ei ollut mahdollista sisällyttää, koska huollot kestivät huomattavasti opinnäytetyön tekemistä pidempään. On siis tärkeää selvittää ennen lopullista LTJ:n laiterakenteen päivittämistä lopulliset asennukset ja muutokset, jotka saattoivat poiketa alkuperäisestä huoltosuunnitelmasta. Työn tuloksena luotu laiterakenne helpottaa kuitenkin valtavasti lopullista laiterakenteen päivittämistä modifikaation jälkeiseen tilaan, koska läpikäytäviä laitteita oli valtava määrä ja osa niistä vaati syvempää perehtymistä. Ilman näin laajaa läpikäyntiä olisi myös mahdollisesti osa modifikaation ulkopuolelle jäävistä epäkohdista jäänyt huomioimatta.

AeroDienstin hyvin laatima huoltosuunnitelma sekä sen pohjana käytetty laiteluettelo olivat ensiarvoisen tärkeitä laiterakennetta laatiessa ja se antoi hyvän pohjan koko työlle. Lopulliseen LTJ:n laiterakenteeseen täytyy vielä kuitenkin hakea laitetiedot yksilötasolla, koska näitä tietoja ei huoltosuunnitelmasta ollut saatavissa. Puuttumaan jääneitä tietoja työssä luodussa laiterakenteessa oli mm. laitteiden osanumerot sekä yksilötiedot. Myöskään LTJ-teknisiä tietoja, kuten rekisterinumeroa tai osoitetta ei laadittuun listaan voitu määrittää, koska huollossa asennettavia laitteita ei ollut vielä tuotu LTJ:lle opinnäytetyön aikana.

Opinnäytetyössä luodun laiterakenteen perusmallia voitaisiin hyödyntää tulevaisuudessa myös muiden konetyyppien kohdalla. Position määrittämistä kuvaavammaksi pidettiin hyvänä uudistuksena, jota voitaisiin käyttää tulevaisuuden kalustohankinnoissa kokonaan uutta laiterakennetta luodessa. Tehtävävarustuksen muuttaminen yhdeksi ”laitteeksi” oli ennen opinnäytetyötä käytössä jo toisessa Ilmavoimien käyttämässä konetyypissä, jonka vuoksi sen voisi ottaa käyttöön myös muissa konetyypeissä. Tämän uudistuksen levittäminen muihin konetyyppeihin edistäisi kaikkien konetyyppien laiterakenteiden yhtenäisyyttä sekä parantaisi koneen varustuksen ajantasaisuutta LTJ:ssä.



## LÄHTEET

Aubin, B. 2004. Aircraft Maintenance: The Art and Science of Keeping Aircraft Safe. USA: SAE International.

Condon, P. 2010. Flying the Classic Learjet: A pilot training manual for the learjet 35A/36A aircraft. Australia: Peter D. Condon.

Bombardier. 2016. Rev No. A5. Maintenance manual: Learjet 35/35A 36/36A. Wichita, KS: Bombardier.

Ilmailulaki 7.11.2014/864.

Ilmavoimat. Alueellisen koskemattomuuden valvonta ja turvaaminen (AKV/AKT). Luettu 6.9.2017. <http://ilmavoimat.fi/alueellisen-koskemattomuuden-valvonta-ja-turvaaminen-akv-/-akt->

Ilmavoimat. Gates Learjet 35 A/S. Luettu 16.1.2018. [http://ilmavoimat.fi/documents/1951206/2016308/Ilmavoimat+-+konetyyppitietoja+Gates+Learjet+35+%281\\_18%29.pdf](http://ilmavoimat.fi/documents/1951206/2016308/Ilmavoimat+-+konetyyppitietoja+Gates+Learjet+35+%281_18%29.pdf)

Ilmavoimat. Ilmavoimat vastaa Suomen ilmapuolustuksesta. Luettu 6.9.2017. <http://ilmavoimat.fi/tietoa-meista>

Ilmavoimat. Satakunnan lennoston organisaatio ja tehtävät. Luettu 6.9.2017. <http://ilmavoimat.fi/satakunnan-lennosto/tietoa-meista>

Ilmavoimat. 2010. Muutos 3/LJ/2017. Valmisteluohje: Learjet 35 A/S. Suomi: Puolustusvoimien Logistiikkalaitos.

Jet Advisor. Bombardier Learjet 35. Luettu 8.10.2017. <http://jetadvisors.com/learjet-35a/>

Komission asetus 1321/2004/EU. Komission asetus ilma-alusten sekä ilmailutuotteiden, osien ja laitteiden jatkuvan lentokelpoisuuden ylläpidosta ja näihin tehtäviin osallistuvien organisaatioiden ja henkilöstön hyväksymisestä. Euroopan unionin virallinen lehti 17.12.2014. Luettu 4.12.2017. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2014:362:FULL&from=EN>

Kuljetuskonesektorin varajohtaja. VS: Opinnäytetyön esitarkastusversio. Sähköpostiviesti. Luettu 15.1.2018.

HK726. 2015. Järjestelmäkeskuksen työjärjestys. Tampere: Järjestelmäkeskus. Luettu 7.9.2017.

LJ-jaoksen varajohtaja. VS: Opinnäytetyön esitarkastusversio. Sähköpostiviesti. Luettu 11.1.2018.

Puolustusvoimat. Puolustusvoimien logistiikkalaitos. Luettu 8.10.2017. <http://puolustusvoimat.fi/tietoa-meista/logistiikkalaitos>

SIM-To-Lt-001. 2007. Sotilasilmailun huoltotoimintavaatimukset. Tikkakoski: Sotilasilmailun viranomaisyksikkö. Luettu 9.12.2017. <http://ilmavoimat.fi/documents/1951206/2212089/SIM-To-lt-001/>

SIM-To-Lt-019. 2014. Vaatimukset sotilasilma-alusten tyyppivastuuorganisaatiolle. Tikkakoski: Sotilasilmailun viranomaisyksikkö. Luettu 9.12.2017. <http://ilmavoimat.fi/documents/1951206/2212089/SIM-To-LT-019.pdf>

Spectra Jet, Inc. Learjet 30 Series Information. Luettu 8.10.2017. <http://spectrajet.ho-mestead.com/learjet30info.html>

Vosecký, S. professori. 2017. VHF radio beacons. Luento. Aircraft Communication, Navigation, Surveillance 20.2.2017. Brno University of Technology. Brno.

US Air Force. Fact Sheet: C-21. Luettu 6.9.2017. <http://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104522/c-21/>

**LIITTEET**

Liite 1. Learjet 35/35A 36/36A esimerkkihuolto-ohjelma

1 (2)

**LEARJET 35/35A/36/36A  
MAINTENANCE MANUAL**

<b>MODEL 35/35A/36/36A PHASE INSPECTION PROGRAM</b>				
<b>SAMPLE PHASE INSPECTION PROGRAM #1</b>				
<b>A, B, C, &amp; D-PHASES Performed at Standard Intervals</b>				
<b>HRS C/W</b>	<b>INSP - A PHASE #</b>	<b>INSP - B PHASE #</b>	<b>INSP - C PHASE #</b>	<b>INSP - D PHASE #</b>
50				
100				
150				
200				
250				
300	A1, A2, A3, A4, A5, A6			
350				
400				
450				
500				
550				
600	A1, A2, A3, A4, A5, A6	B1, B2, B3, B4, B5, B6		
650				
700				
750				
800				
850				
900	A1, A2, A3, A4, A5, A6			
950				
1000				
1050				
1100				
1150				
1200	A1, A2, A3, A4, A5, A6	B1, B2, B3, B4, B5, B6	C1, C2, C3, C4, C5, C6	
1250				
1300				
1350				
1400				
1450				
1500	A1, A2, A3, A4, A5, A6			
1550				
1600				
1650				
1700				
1750				
1800	A1, A2, A3, A4, A5, A6	B1, B2, B3, B4, B5, B6		
1850				
1900				
1950				
2000				
2050				
2100	A1, A2, A3, A4, A5, A6			
2150				
2200				
2250				
2300				
2350				
2400	A1, A2, A3, A4, A5, A6	B1, B2, B3, B4, B5, B6	C1, C2, C3, C4, C5, C6	D1, D2, D3, D4, D5, D6

Sample Inspection Program #1

Figure 2

2 (2)

**LEARJET 35/35A/36/36A  
MAINTENANCE MANUAL**

MODEL 35/35A/36/36A PHASE INSPECTION PROGRAM				
SAMPLE PHASE INSPECTION PROGRAM #2				
SINGLE A-PHASES AT 50 HOUR INTERVALS, COMBINED WITH SINGLE B, C, & D-PHASES				
HRS C/W	INSP - A PHASE #	INSP - B PHASE #	INSP - C PHASE #	INSP - D PHASE #
50	A1	B1		D1
100	A2		C2	
150	A3	B3		
200	A4			
250	A5	B5		
300	A6		C6	
350	A1			
400	A2	B2		D2
450	A3		C3	
500	A4	B4		
550	A5			
600	A6	B6		
650	A1	B1		
700	A2			
750	A3	B3		D3
800	A4		C4	
850	A5	B5		
900	A6			
950	A1		C1	
1000	A2	B2		
1050	A3			
1100	A4	B4		
1150	A5		C5	
1200	A6	B6		
1250	A1	B1		
1300	A2		C2	
1350	A3	B3		
1400	A4			
1450	A5	B5		
1500	A6		C6	
1550	A1			
1600	A2	B2		
1650	A3		C3	
1700	A4	B4		D4
1750	A5			
1800	A6	B6		
1850	A1	B1		
1900	A2			
1950	A3	B3		
2000	A4		C4	
2050	A5	B5		D5
2100	A6			
2150	A1		C1	
2200	A2	B2		
2250	A3			
2300	A4	B4		
2350	A5		C5	
2400	A6	B6		D6

Sample Inspection Program #2

Figure 3

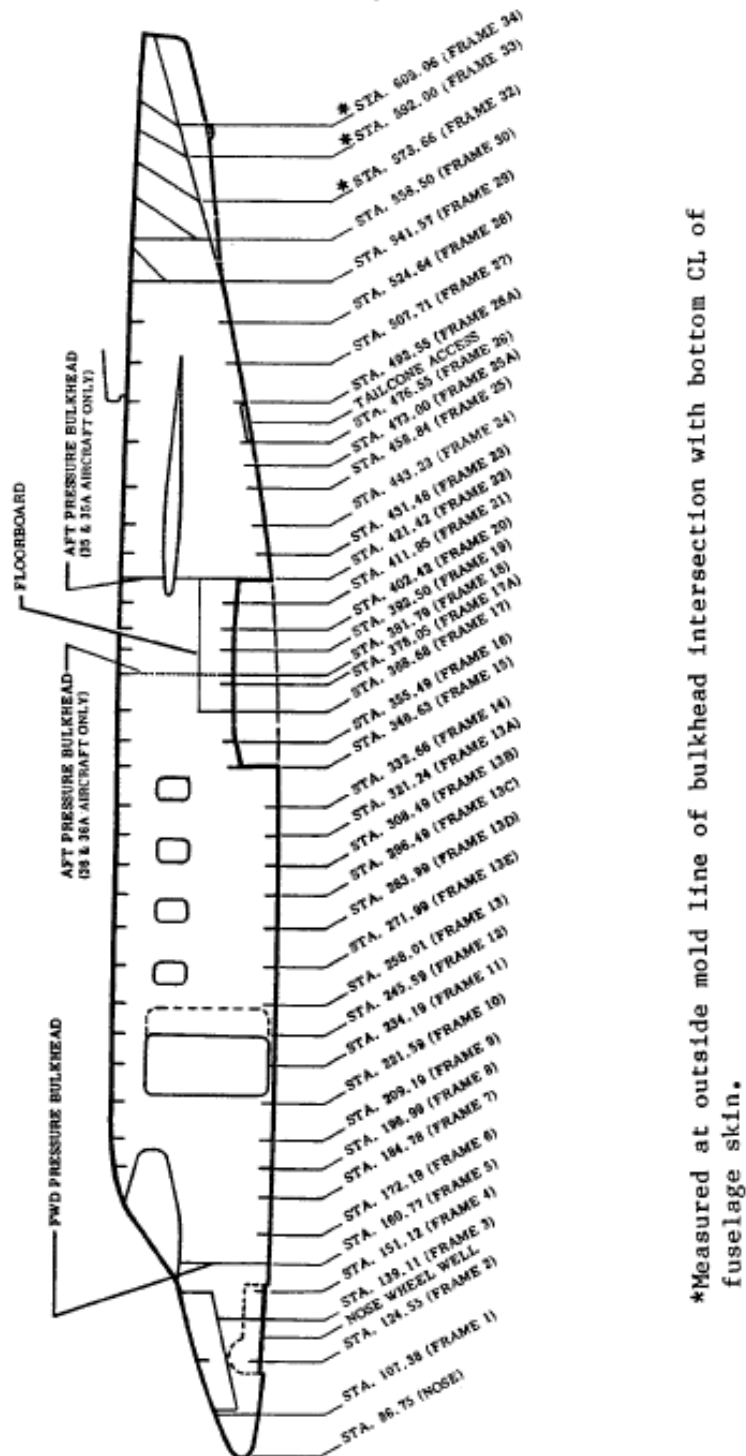
EFFECTIVITY: ALL

05-10-00 Page 12  
Mar 02/15

MM-99

# Liite 2. Learjet 35/35A 36/36A rungon kaarikaavio

## LEARJET 35/35A/36/36A MAINTENANCE MANUAL



M3536-060002-001-01

Fuselage Structural Station Diagram  
Figure 1 (Sheet 1 of 2)

EFFECTIVITY: ALL

MM-99

06-00-02 Page 2  
Mar 26/12